

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-054723

(43)Date of publication of application : 24.02.1998

(51)Int.Cl.

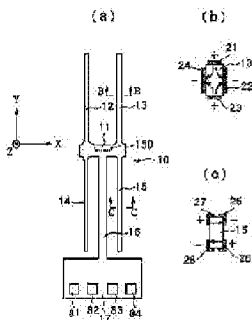
G01C 19/56

G01P 9/04

(21)Application number : 08-212615 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 12.08.1996 (72)Inventor : SUGITANI NOBUYOSHI

(54) ANGULAR VELOCITY DETECTING DEVICE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely and stably detect an angular velocity without being influenced by the environmental temperature by regulating the torsional rigidity of the support bar of an oscillator to a desired value, and connecting an oscillator base to the support bar fixed to a subject in one position.

SOLUTION: An oscillator 10 has vibrating pieces 12, 13 protruded in +Y direction from an oscillator base 11 in substantially symmetric positions to the Y-directional axis passing the center part of the oscillator base 11 extended in X direction. It

also has vibrating pieces 14, 15 having the same X-directional positions as the vibrating pieces 12, 13, respectively, and protruded from the oscillator base 11 in -Y direction. A single support bar 16 has a desired torsional rigidity, and is protruded from the center part of the oscillator base 11, and its tip part is fixed to a subject. Since the torsional rigidity of the support bar 16 is regulated to the desired value, the vibration leakage from the support bar 16 is regulated, and the detecting sensitivity is thus regulated. Since the oscillator base 11 is connected to the support bar 16 in one position, the torsional rigidity of the support bar is never changed by the change of the environmental temperature.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.07.2003

[Date of sending the examiner's
decision of rejection] 16.08.2005

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3752737

[Date of registration] 22.12.2005

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection] 2005-17843

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection] 15.09.2005

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A detection means to detect the amplitude of the vibration based on the Coriolis force generated in connection with said vibrator excited by vibrator, excitation means to excite this vibrator, and this excitation means rotating, In the angular rate assembly equipped with an angular-velocity operation means to calculate the angular velocity of said rotation from the magnitude of the amplitude detected by this detection means said vibrator The vibrator base which extends in the direction of X on XY flat surface in XYZ three-dimensions rectangular coordinates space, The two 1st oscillating pieces which project from said vibrator base in the sense of +Y in the location of the symmetry to the shaft of the direction passing through the center section of this vibrator base of Y mostly, The two 2nd oscillating pieces to which the location of the direction of X is the same as said 1st two vibrator respectively, and projects in the sense of -Y from said vibrator base, The angular rate assembly characterized by having desired torsional rigidity and having the single bearing bar which is projected from the center section of said vibrator base, and by which the point is fixed to the detected body.

[Claim 2] Said bearing bar is an angular rate assembly according to claim 1 characterized by a projection and said excitation means being what excites said 1st oscillating piece in the direction of X in the direction of -Y from said vibrator base.

[Claim 3] The angular rate assembly according to claim 2 characterized by forming said vibrator base which constitutes said vibrator, and said 1st and 2nd oscillating piece with one equal thickness Xtal substrate.

[Claim 4] Wiring for detection which connects the circuit section of wiring for excitation which connects the circuit section of said excitation means, and the electrode for excitation prepared in said 1st or 2nd oscillating piece, and said detection means, and the electrode for detection prepared in said 1st or 2nd oscillating piece, It is the angular rate assembly according to claim 2 which it has the meta-RAIZUDO substrate equipped with wiring for these excitation, and wiring for detection, and joining of the tip of said bearing bar is carried out to said meta-RAIZUDO substrate, and is characterized by fixing this meta-RAIZUDO substrate to the detected body.

[Claim 5] Said vibrator is an angular rate assembly according to claim 4 characterized by being surrounded by the electric conduction material of same electric potential.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the angular rate assembly of an oscillatory type especially about the angular rate assembly used for a navigation system, attitude control, etc. of an automobile.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, if rotation is added to an oscillating object, the oscillatory type angular rate assembly using the new vibration according to the angular rate of rotation occurring according to Coriolis force is known. As an example of such an angular rate assembly, the rotational-speed sensor of a publication is in JP,7-55479,A. In XY flat surface, two excitation branches have projected the vibrator used in this rotational-speed sensor from one side of a rectangular frame to the sense of +Y, and it has the structure which 2 pickup branches projected to the sense of -Y from the side where that frame counters. In this structure, if an excitation branch is excited in the direction of X, according to the Coriolis force generated with rotation of vibrator, an excitation branch will vibrate also to a Z direction and vibration of this Z direction (direction perpendicular to XY flat surface) will be transmitted to a pickup branch. In a pickup branch side, vibration of this transmitted Z direction is detected and the angular rate of rotation of vibrator is drawn from a detection result.

[0003] By attaching the vibrator in this conventional technique inside a frame, having a base, attaching with each side of a frame in which the excitation branch and the pickup branch are prepared, and passing a cross-bridge between bases, it attaches with a frame and the base is connected. This vibrator is fixed to the detected body by attaching an installation base in the stator currently fixed to the detected body. Immobilization of a part of oscillating piece reduces vibration of an oscillating piece. This is for vibration to spread to a stator and calls this propagation of vibration the leakage of vibration. Although the leakage of vibration becomes large so that the fixed reinforcement of an oscillating piece and a stator is high, the rotational-speed sensor of the above-mentioned

conventional technique gave flexibility to fixed reinforcement by making vibrator into the above structures, and it has controlled that the energy of vibration of the Z direction of an oscillating piece leaks to a stator through a frame. The fall of the detection precision resulting from the leakage of vibration is controlled.

[0004]

[The technical problem which should be solved] However, since according to the trembler of this conventional technique an installation base and frames are two cross-bridges, namely, it is fixed by two places, a tensile stress and compressive stress join each of a frame, a cross-bridge, and an installation base by the temperature change. Since it attached with a frame and the fixed reinforcement between bases was changed with this stress, the ullage of vibration was also changed and there was a problem that the sensibility of angular-velocity detection varied based on change of environmental temperature as a result.

[0005]

[Means for Solving the Problem] It is accomplished in order that the angular rate assembly of this invention may solve such a problem. The vibrator The vibrator base which extends in the direction of X on XY flat surface in XYZ three-dimensions rectangular coordinates space, The two 1st oscillating pieces which project from a vibrator base in the sense of +Y in the location of the symmetry to the shaft of the direction passing through the center section of this vibrator base of Y mostly, The location of the direction of X is the same as the 1st two vibrator respectively, and it has the two 2nd oscillating pieces which project in the sense of -Y from a vibrator base, and the single bearing bar which has desired torsional rigidity and is projected from the center section of the vibrator base and by which the point is fixed to the detected body.

[0006] In this vibrator, the fixed reinforcement to the detected body of vibrator is determined by the torsional rigidity of a bearing bar. According to this vibrator, since the torsional rigidity of a bearing bar is adjusted to the desired value, the leakage in oscillating from a bearing bar is adjusted, and detection sensitivity is adjusted. Moreover, since the vibrator base has connected with the bearing bar

fixed to the detected body by one place, even if it is based on change of environmental temperature and each element of vibrator expands or contracts, the stress which joins a vibrator base from a bearing bar is not generated. Therefore, since the torsional rigidity of a bearing bar does not change, the ullage of vibration which results in a bearing bar through a vibrator base does not have a carrier in the effect of a temperature change.

[0007] The angular rate assembly of this invention shall make the bearing bar of vibrator project in the direction of -Y from a vibrator base, and shall excite the 1st oscillating piece in the direction of X with an excitation means. Thus, if constituted, stress raisers will be made by excitation between both the 1st oscillating pieces of 1st oscillating one side of a vibrator base, but since the bearing bar is prepared in 2nd oscillating one side of a vibrator base, stress raisers and a bearing bar isolate it. Therefore, the vibrational stress of excitation of the 1st oscillating piece originates in the location gap with a bearing bar and both the 1st oscillating piece etc., and the phenomenon of vibrating in the direction of X does not produce a bearing bar. Moreover, since a bearing bar does not bar transfer of vibration between [of two] the 1st oscillating pieces, Q value does not fall. Furthermore, detection precision is stable in order not to influence the leakage in oscillating from a bearing bar of the stress by excitation.

[0008] It can avoid carrying out a manifold type about the direction of X, carrying out the manifold type of the 1st oscillating piece and the 2nd oscillating piece about vibration of a direction perpendicular to a substrate, i.e., a Z direction, by adjusting the width of face of each direction of X of the 1st oscillating piece and the 2nd oscillating piece, if a vibrator base and the 1st and 2nd oscillating piece are formed with one equal thickness substrate. Moreover, it can excite only by impressing the electrical potential difference from which a polarity changes a substrate periodically since the Xtal single crystal plate, then self are piezoelectric material in the predetermined direction, and vibration can be detected only by detecting change of polarization generated with vibration.

[0009] Moreover, it has the meta-RAIZUDO substrate equipped with wiring which

connects the circuit section of wiring which connects the circuit section of an excitation means, and the electrode for excitation prepared in the 1st or 2nd oscillating piece as one gestalt of the angular rate assembly of this invention, and a detection means, and the electrode for detection prepared in said 1st or 2nd oscillating piece. Joining of the tip of a bearing bar is carried out to a meta-RAIZUDO substrate, and it has some by which this meta-RAIZUDO substrate is being fixed to the detected body.

[0010] Wiring is not spoiled even if it welds a bearing bar, since wiring of a meta-RAIZUDO substrate is calcinated.

[0011] moreover -- if vibrator is surrounded by the electric conduction material of same electric potential -- electromagnetism -- it is not influenced of a noise.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 (a) is the top view showing the vibrator 10 in 1 operation gestalt of the angular rate assembly of this invention. In this drawing, the X-axis is set as a longitudinal direction, a Y-axis is set as the vertical direction for facing the right for positive sense, the Z-axis is set as a direction perpendicular to space for positive sense for facing up, and public is for positive sense. The vibrator base 11 with which vibrator 10 extends in X shaft orientations, and the 1st oscillating pieces 12 and 13 for excitation prolonged in the sense of +Y from the vibrator base 11, The 2nd oscillating pieces 14 and 15 for detection prolonged in the sense of -Y on the 1st oscillating pieces 12 and 13 and the same axle from the vibrator base 11, respectively, The bearing bar 16 prolonged in the sense of -Y from the vibrator base 11 among the 2nd oscillating pieces 14 and 15 and the stationary plate 17 prepared in the edge of a bearing bar 16 are constituted from a single crystal substrate of Xtal by one.

[0013] Here, the crystallographic axis of Xtal is explained briefly. Generally natural Xtal is a columnar crystal, the medial axis of the lengthwise direction of this columnar crystal, i.e., <0001> crystallographics axis, is specified as the Z-axis or an optical axis, and the line which crosses at right angles to each front face of a columnar crystal through the Z-axis is specified as a Y-axis or a

machine shaft. Moreover, the line which intersects perpendicularly with the ridgeline of the lengthwise direction of this columnar crystal through the Z-axis is specified as the X-axis or an electrical axis.

[0014] the substrate with which the single crystal substrate used for vibrator 10 is called a Z disc -- it is -- the Z-axis -- a perpendicular thru/or abbreviation -- it is the single crystal substrate cut down in respect of being perpendicular. Therefore, in this operation gestalt, the Z-axis of crystal orientation and the Z-axis which shows the orientation of the vibrator 10 on a drawing and which was mentioned above are in agreement. Moreover, the X-axis and Y-axis of the Y-axis [the X-axis and the Y-axis] of Xtal what intersects perpendicularly mutually indicates those with 3 set, the lot of them, and the orientation of the vibrator 10 on a drawing to be correspond. In addition, the direction relation between this crystal orientation and vibrator 10 is the same with other operation gestalten described later. Moreover, although Xtal used for vibrator 10 is synthetic rock crystal, the structure of it is the same as that of natural Xtal.

[0015] The 1st oscillating pieces 12 and 13 are the same dimensions mutually, and are used as an oscillating piece for excitation with both these operation gestalten. Moreover, the 2nd oscillating pieces 14 and 15 are also the same dimensions mutually, and are used as an oscillating piece for both detection. The 2nd oscillating pieces 14 and 15 are thin to the 1st oscillating pieces 12 and 13, and it is long, therefore the resonant frequency f_{X1} of the direction of X of the 1st oscillating pieces 12 and 13 differs from the resonant frequency f_{X2} of the direction of X of the 2nd oscillating pieces 14 and 15 mutually. Although the 1st oscillating piece differs also in the resonant frequency of a Z direction mutually from the 2nd oscillating piece, since the 1st oscillating piece and the 2nd oscillating piece carry out a manifold type and vibrate, the resonant frequency f_Z of a manifold type exists about vibration of a Z direction. Since the transmissibility of vibration between the 1st oscillating piece and the 2nd oscillating piece is very low about vibration of the direction of X, there is almost no coupled vibration. Thus, the vibrator 10 whole is formed in one with the very thin Xtal substrate, and

that the 1st oscillating piece and the 2nd oscillating piece do not carry out a manifold type about vibration of the direction of X, but the 1st oscillating piece and the 2nd oscillating piece carry out a manifold type about vibration of a Z direction originates in the configuration where the width of face of the direction of Y of the vibrator base 11 is wide enough to the thickness of the Xtal substrate. At this operation gestalt, they are the resonant frequency f_{X1} of the direction of X of the 1st oscillating pieces 12 and 13, and the resonant frequency f_Z of a manifold type. It is adjusted so that a value may turn into a very near value.

[0016] The electrode according to each application is prepared in each oscillating piece. That is, the electrode for detection is prepared for the electrode for excitation in the 1st oscillating pieces 12 and 13 at the 2nd oscillating pieces 14 and 15, respectively. About arrangement of an electrode, in order to avoid detailed depiction of a drawing, by drawing 1 (a), it is omitted, it replaces with this and is displayed using drawing 1 (b) and (c). Drawing 1 (b) and (c) are the B-B sectional views and C-C sectional views in drawing 1 (a), respectively. Like illustration, electrodes 21-24 have extended [the 1st oscillating piece 13] in the sense of +Y toward the point of the 1st oscillating piece 13 in four fields of a top face, an inferior surface of tongue, and a side face at 2 / about three to 3/4 die length of an oscillating piece overall length from the bond part with the vibrator base 11, respectively. The same electrodes 31-34 (refer to drawing 3) also as the 1st oscillating piece 12 are formed. On the other hand, four electrodes 25-28 have extended in the sense of -Y toward the point of the 2nd oscillating piece 15 at 2 / about three to 3/4 die length of an oscillating piece overall length from the bond part with the vibrator base 11 so that each may cover to the 2nd oscillating piece 15, four corners, i.e., the ridgeline section, of a rectangle cross section. In addition, the same electrodes 35-38 (refer to drawing 3) also as the 2nd oscillating piece 14 are formed.

[0017] Each electrode has chromium and golden two-layer structure, and after vapor-depositing these metals on the front face of vibrator 10, it is obtained by carrying out patterning to a desired configuration while using a photolithography

technique and dissociating suitably. Moreover, it connects with either of the bonding pads 81-84 prepared in the stationary plate 17 electrically, and each electrode is connected to the digital disposal circuit later mentioned further from there. Although not illustrated, it prepares in the front face of a bearing bar 16 with a film formation technique, and wiring between each electrode of oscillating Kataue and a bonding pad is *****. Drawing 2 is drawing showing the condition of this vibrator 10 having been carried on the meta-RAIZUDO substrate 100 of four layers, and having been sealed with the further metal cover 110, this drawing (a) is a top view and this drawing (b) is a side elevation.

[0018] A meta-RAIZUDO substrate is a multilayer-interconnection substrate of the ceramics produced by printing wiring, a bonding pad, etc. with metals, such as a tungsten and molybdenum, drying the sheet (raw condition) of Green of SiO₂ after accumulating and pressing this at a multilayer, and generally calcinating on it 90%. The catching hole called a beer hall connects between wiring of each class. Since ** omission processing which goes away in the raw condition (condition of a green sheet) is easy for this meta-RAIZUDO substrate, it can produce easily the substrate which has a level difference in a front face. Since press working of sheet metal of each class is carried out and it is calcinated, and since the beer hall is filled with metals, such as a tungsten and molybdenum, the airtightness between each class is fully maintained. Furthermore, since refractory metals, such as a tungsten and molybdenum, are used for wiring, it is possible to solder various mounting components at an elevated temperature, without affecting these wiring.

[0019] The meta-RAIZUDO substrate 100 has 4 layer structures, and the 1st layer of the circuit elements 111 and 112 for [which is the lowest layer] performing excitation, oscillating detection, angular-velocity *****, etc. in the rear face of 101 is carried. the 1st -- layer 101 top -- order -- the 2nd -- layer 102 and the 3rd -- layer 103 -- the laminating of 104 [layer / 4th] is carried out. the 2nd -- layer 102 and the 3rd -- layer 103 and the 4th -- layer 104 -- each -- a center section -- a rectangle -- ***** -- him -- the die length of the longitudinal direction

(longitudinal direction of drawing 2) of ***** and its opening is long in order, and left-hand side is stair-like by arranging right-hand side like illustration.

[0020] On 2nd layer 102 of the stairway section of this meta-RAIZUDO substrate 100, joining immobilization of the stationary plate 17 of vibrator 10 is carried out by soldering, and the 3rd layer of bonding pads 131-134 is formed on the surface of 103. Bonding pads 131-134 are connected to circuit elements 111 and 112 through wiring and the beer hall of each class which omitted illustration, respectively. Since the stationary plate 17 of vibrator 10 is welded on 2nd layer 102, the oscillating pieces 12-15 can be maintained at the condition that the 1st layer floated from 101. Since it has prepared on 3rd layer 103, without forming the bonding pads 131-134 by the side of the meta-RAIZUDO substrate 100 on 2nd layer 102, the difference of elevation with the bonding pads 81-84 of a trembler 10 is eased, and the connection activity of bonding wires 121-124 is easy.

[0021] The lower limit of the metal lid 110 covered the perimeter, and has fixed to 104 the 4th layer by the resin for the closures. It may replace with fixing by the resin for the closures, and you may fix by soldering like soldering. Thereby, the space to which vibrator 10 is dedicated is completely intercepted from the external world. Vacuum suction of this building envelope is carried out, and the vibrational energy of vibrator 10 loses air as a medium.

[0022] The 1st layer, as for the top face 140 of 101, the whole surface is covered by the metal membrane, and this metal membrane and the metallic lid 110 are electrically connected through the beer hall. Therefore, with the equipotential metal, the space to which vibrator is dedicated is almost covered and electromagnetic shielding is carried out. the amplifying circuit which generally has a high amplification factor although an operational amplifier is used for the detector mentioned later and magnification of a high amplification factor is performed -- electromagnetism -- it is weak in a noise and it necessary to prevent invasion of the noise from the component section which is especially the input edge Electromagnetic shielding is effective in invasion prevention of such a noise.

moreover -- although it is what asks for angular velocity from change of that amount of charges as the electrode prepared in each oscillating piece constitutes the capacitor from electrodes which counter mutually and being mentioned later - - this amount of charges -- the electromagnetism from the outside -- since it is influenced of a noise, also in order to suppress that effect, the electromagnetic shielding which encloses vibrator 10 is effective. In addition, when the 1st layer of wiring is given on the surface of [140] 101, the metal membrane for electromagnetic shielding is given except for the part so that it may not connect with the wiring.

[0023] The processing circuit which performs next the excitation, the detection, and the angular-velocity operation which were carried in circuit elements 111 and 112 is explained. Drawing 3 is the block diagram showing the electrodes 21-28 prepared in these circuit and oscillating pieces 12-15, and the connection relation between 31-38 while showing the excitation circuit 50, a detector 60, and the angular-velocity arithmetic circuit 70. Moreover, drawing 4 is drawing for explaining the inverse piezoelectric effect in the 1st oscillating pieces 12 and 13, and drawing 5 is drawing for explaining the piezo-electric effect in the 2nd oscillating pieces 14 and 15.

[0024] The excitation circuit 50 is equipped with the current potential conversion circuit 51, the automatic gain control circuit 52, and the drive circuit 53, and the detector 60 is equipped with the current potential conversion circuits 61 and 62, the actuation amplifying circuit 63, and the synchronous-detection circuit 64.

[0025] While the drive circuit 53 outputs the pulse wave of a repeat frequency predetermined with the amplitude according to the output voltage value of an automatic gain control circuit 52 as an excitation signal It is the circuit which outputs the signal with which the phase shifted from the output signal about 90 degrees as a detection signal of the synchronous-detection circuit 64, and the output terminal is connected to the electrodes 22 and 24 of the side face of the 1st oscillating piece 13, and the electrodes 31 and 33 of the vertical side of the 1st oscillating piece 12 in common through the terminal 54. The remaining

electrodes 21, 23, 32, and 34 of the 1st oscillating pieces 12 and 13 are fixed to the middle potential of the pulse wave which the drive circuit 53 outputs by connecting with the input terminal of the current potential conversion circuit 51 through a terminal 55 in common mutually.

[0026] Drawing 4 explains excitation actuation of the 1st oscillating piece by this excitation circuit 50, and this drawing (a) is a sectional view which cut the 1st oscillating piece 13 at ZX flat surface, and is drawing equivalent to drawing 1 (b). Moreover, drawing 4 (b) is the perspective view having shown crookedness actuation of the 1st oscillating piece 13. Since electrodes 21 and 23 are connected to a terminal 55 in common and electrodes 22 and 24 are connected to the terminal 56 in common as mentioned above, an electrical potential difference forward in a negative electrical potential difference is given to electrodes 21 and 23 at each electrode, respectively relatively [electrical potential difference /, i.e., electrodes, / 22 and 24 / as shown to drawing 4 (a) that the output pulse of the drive circuit 53 is a low level]. If the output pulse of the drive circuit 53 is high-level, the reverse polarity will be given.

[0027] Considering the condition that an electrical potential difference like drawing 4 (a) is impressed now, electric field as shown by arrow heads 91-94 will be given to the interior of the oscillating piece 13. On the other hand, since the piezo-electric effect of Xtal does not show up in Z shaft orientations, the effective electric field which affect the piezo-electric effect serve as arrow heads 95 and 96. According to an inverse piezoelectric effect, if electric field are given to the positive sense of the X-axis, electric field will give the crystal of Xtal to Y shaft orientations at the negative sense of elongation and the X-axis, and it will be shrunken by **** and Y shaft orientations. Therefore, in the condition of drawing 4 (a), since the electrode 24 side of the oscillating piece 13 is shrunken and an electrode 22 side is extended, the oscillating piece 13 ****s an electrode 24 inside, and is crooked. If the polarity of the applied voltage to electrodes 21-24 is reversed, the oscillating piece 13 carries out an electrode 22 inside by the same principle, and it is crooked. Therefore, if the end of the oscillating piece 13 is

fixed and the pulse signal of predetermined frequency is impressed to electrodes 21 and 23 from the drive circuit 53, the oscillating piece 13 will vibrate in the direction of X, as shown in drawing 4 (b).

[0028] In addition, with this operation gestalt, since the electrodes 21 and 23 of the upper and lower sides of the oscillating piece 13 and the electrodes 32 and 34 of right and left of the oscillating piece 12 were connected in common as shown in drawing 3 , and the electrodes 22 and 24 of right and left of the oscillating piece 13 and the electrodes 31 and 33 of the upper and lower sides of the oscillating piece 12 are connected in common, the oscillating pieces 12 and 13 vibrate by opposition mutually in the direction of X.

[0029] The oscillating information on the direction of X of the 1st oscillating pieces 12 and 13 is fed back through the current potential conversion circuit 51 and an automatic gain control circuit 52. The current potential conversion circuit 51 is a circuit which changes into an electrical-potential-difference value the variation of the charge generated in electrodes 21, 23, 32, and 34 according to the piezo-electric effect accompanying crookedness of the 1st oscillating pieces 12 and 13.

[0030] An automatic gain control circuit 52 will make an output voltage value small, if the voltage signal outputted from the current potential conversion circuit 51 is inputted and the input voltage value becomes large, and if an input voltage value becomes small, it will operate so that an output voltage value may become large. Therefore, if the amplitude of the 1st oscillating pieces 12 and 13 becomes large, the charge generated in electrodes 21, 23, 32, and 34 will also become large, and the output voltage of the current potential conversion circuit 51 will also become large. By this, the output voltage value of an automatic gain control circuit 52 becomes low, and the amplitude of the output pulse of the drive circuit 53 becomes small. Thus, feedback control of the amplitude of the pulse signal outputted from the drive circuit 53 is carried out, and the amplitude of the 1st oscillating pieces 12 and 13 is always stabilized.

[0031] The detector 60 which detects vibration of the Z direction of the 2nd

oscillating piece as shown in drawing 5 next is explained. If it vibrates to a Z direction as the 2nd oscillating piece 15 shows drawing 5 (b), and crooked in the sense of +Z, the one half of the oscillating piece 15 top will be shrunken in the direction of Y, and lower one half will be extended in the direction of Y. According to the piezo-electric effect of Xtal, if shrunken in the direction of Y, the dielectric polarization of the direction of X will arise, and if extended in the direction of Y, the dielectric polarization of the direction of X of the reverse sense will arise. And it is so weak that the strength of dielectric polarization appears strongly on a top face or an inferior surface of tongue and goes to pars intermedia, since it is dependent on the magnitude of telescopic motion. Therefore, dielectric polarization is concentrated on four corners of the oscillating piece 15, it appears, and forward or negative charge like illustration gather for each electrodes 25-28 prepared in the corner by this dielectric polarization. That is, electrodes 25 and 27 serve as the same polarity, and these polarities become the polarity of electrodes 26 and 28, and reverse. If the oscillating piece 15 sways to the down side, a polarity completely contrary to what was mentioned above based on the same principle will appear.

[0032] A detector 60 detects the variation of the charge in each electrode of the oscillating piece 15 which did in this way and was generated, and outputs the signal according to the amplitude of the 2nd oscillating piece. With this operation gestalt, since the 1st oscillating pieces 12 and 13 are mutually excited by opposition in the direction of X and the 1st oscillating piece and the 2nd oscillating piece are mutually vibrated by opposition about a Z direction, the 2nd oscillating pieces 14 and 15 vibrate by opposition mutually about a Z direction. Although vibration of the Z direction of these 2nd oscillating pieces 14 and 15 is a synthetic vibration with that from which the direction excitation vibration of X of the 1st oscillating pieces 12 and 13 leaked as Z direction vibration, and the thing generated based on the Coriolis force produced when vibrator 10 rotates, it serves as [component / which] opposition mutually about the 2nd oscillating pieces 14 and 15. although later mentioned about the detail of the generating

mechanism of the Z direction vibration based on Coriolis force, make it any -- since vibration of right-and-left opposition occurs about a Z direction, as shown in drawing 3 , the electrodes 36 and 37 of the 2nd oscillating piece 14 in the location of these and the field symmetry are connected in common to the electrodes 25 and 28 of the 2nd oscillating piece 15, and it connects with the terminal 65 of a detector 60 further. And the remaining electrodes 26, 27, 35, and 38 are connected to the terminal 66 of a detector 60 in common.

[0033] The current potential conversion circuit 61 is a circuit which amplifies the variation of the charge in electrodes 25, 28, 36, and 37, and is changed into an electrical-potential-difference value, and the current potential conversion circuit 62 is a circuit which amplifies the variation of the charge in electrodes 26, 27, 35, and 38, and is changed into an electrical-potential-difference value. The actuation amplifying circuit 63 inputs each output signal of the current potential conversion circuits 61 and 62, it is the circuit which amplifies the potential difference of both signals, and amplitude change of this output signal is proportional to amplitude change of the 2nd oscillating pieces 14 and 15.

[0034] The synchronous-detection circuit 64 is a circuit where integral processing is performed and the integrating circuit was added to the usual synchronous-detection circuit, after performing a synchronous detection, using the pulse signal from which the phase shifted the alternating-voltage signal outputted from the actuation amplifying circuit 63 about 90 degrees to the excitation signal from the drive circuit 53 as a detection signal. The Z direction vibration by the leakage of X excitation is as in phase as excitation, since, as for vibration of the Z direction by Coriolis force, the phase has shifted about 90 degrees to excitation, according to a synchronous detection and an integral, the former always serves as a value of zero and the latter serves as an integral value of full wave rectification. That is, the output signal electrical potential difference of the synchronous-detection circuit 64 shows the amplitude of the Z direction by the Coriolis force of the 2nd oscillating pieces 14 and 15.

[0035] The angular-velocity arithmetic circuit 70 is a circuit computed based on

the output signal of the detector 60 which shows the amplitude of the 2nd oscillating pieces 14 and 15 based on the relational expression of the angular velocity and Coriolis force which mention the angular rate of rotation centering on a shaft parallel to the Y-axis of vibrator 10 later.

[0036] Next, actuation of the angular rate assembly constituted as mentioned above is explained. The excitation circuit 50 outputs the excitation signal of the frequency which was in agreement with the resonant frequency f_{X1} (this is called 1st resonant frequency) of the direction of X of the 1st oscillating pieces 12 and 13 from the drive circuit 53. Thereby, the 1st oscillating pieces 12 and 13 vibrate with a resonant frequency f_{X1} in the direction of X according to an inverse piezoelectric effect. The phase of the oscillating piece 12 and the oscillating piece 13 is opposition mutually, as mentioned above.

[0037] If vibrator 10 rotates with angular velocity ω centering on a shaft (a Y-axis is included) parallel to a Y-axis in this condition, Coriolis force F expressed with $F=2mV\omega$ to the 1st oscillating pieces 12 and 13 will occur in a Z direction. m is the mass of an oscillating piece and V is the velocity of vibration here. According to generating of this Coriolis force F , a phase shifts about 90 degrees to vibration of the direction of X, and the 1st oscillating pieces 12 and 13 vibrate to a Z direction. That is, the 1st oscillating pieces 12 and 13 vibrate by opposition mutually with an exciting frequency (the 1st resonant frequency) also about a Z direction. Since this frequency is mostly in agreement with the manifold-type resonant frequency of the 1st and 2nd oscillating piece of a Z direction, it is efficiently transmitted to the 2nd oscillating pieces 14 and 15.

[0038] On the other hand, leakage and this vibration are also transmitted for the direction excitation of X given to the 1st oscillating pieces 12 and 13 to the 2nd oscillating pieces 14 and 15 with a manifold type as excitation of the Z direction of an inphase. Since the leakage vibration of vibrational energy is far larger than vibration by Coriolis force, vibration by the Coriolis force from which the phase shifted about 90 degrees on leakage vibration superimposes vibration of the Z direction of the 2nd oscillating piece. It is as having mentioned above to carry out

alternative detection only of the vibration by Coriolis force from vibration of the Z direction of the 2nd oscillating piece by the detector 60.

[0039] By the way, with this operation gestalt, it vibrates about vibration of a Z direction to right-and-left (direction of X) opposition, and vertical (direction of Y) opposition. In this oscillation mode, excitation and the force which it is in phase and is rocked are added to the vibrator base 11 by making into the center of rotation the Y-axis which passes along a bearing bar 16. On the other hand, since torsional rigidity is adjusted and a bearing bar 16 has moderate flexibility to a torque, it buffered well the rocking force committed to the vibrator base 11, and has prevented the leakage of vibrational energy. Torsional rigidity is also called torsional rigidity, is the ratio of the torsion moment and angle of torsion in torsion of a rod, and becomes settled with the configuration and rigidity of a rod. Adjustment of torsional rigidity is possible by adjusting the die length of a bearing bar 16 with this operation gestalt. With this operation gestalt, flexibility is given to torsional rigidity by making the die length of a bearing bar 16 longer than the 2nd oscillating pieces 14 and 15.

[0040] In addition, if the moment of inertia of the 1st and 2nd vibrator which became a pair on the same axle is in agreement, it can guess that the energy of rocking to the vibrator base 11 does not arise. However, it is difficult to make moment of inertia actually strictly in agreement from various conditions, and it is not easy to make energy of rocking to the vibrator base 11 into zero completely. Then, although the consistency of the moment of inertia of the 1st and 2nd oscillating piece is taken into consideration, it is desirable to take into consideration the torsional rigidity of a bearing bar 16.

[0041] Moreover, since the vibrator base 11 has connected with the bearing bar 16 by one place, even if it is based on change of environmental temperature and each element of vibrator expands or contracts, the stress which joins the vibrator base 11 from a bearing bar 16 is not generated. Therefore, the ullage of vibration which results in a bearing bar 16 through the vibrator base 11 does not have a carrier in the effect of a temperature change.

[0042] By the way, since the 1st oscillating pieces 12 and 13 are mutually excited in the direction of X by opposition in the excitation circuit 50, stress raisers 150 are made between both the 1st oscillating pieces by the side of the 1st oscillating piece 12 of the vibrator base 11, and 13 (refer to drawing 1 (a)). Temporarily, if the bearing bar 16 should project in the direction of +Y from stress raisers 150, the force of vibrating right and left (the direction of X) at a bearing bar 16 will occur by location gap of the direction of X of a bearing bar 16. According to this force, if a bearing bar 16 vibrates right and left, a difference will arise in the excitation amplitude of the 1st oscillating pieces 12 and 13, and detection precision will fall. Moreover, since stress raisers 150 will spread in a bearing bar 16 supposing the bearing bar 16 has projected from stress raisers 150, the part by which stress is distributed superfluously occurs, therefore the transmission efficiency between oscillating pieces on either side falls, and Q value falls. Furthermore, although flexibility is given to a bearing bar 16 and the leakage in oscillating is controlled, the leakage in oscillating cannot be abolished completely, and although it is small, it leaks. If stress raisers 150 and a bearing bar 16 have connected, this ullage will be influenced of the stress by excitation, and will become unstable [detection precision].

[0043] However, with this operation gestalt, since the bearing bar 16 is formed in 2nd oscillating piece [of the vibrator base 11] 14, and 16 side, stress raisers 150 and a bearing bar 16 are being isolated, and there is no problem which was mentioned above.

[0044] Although the 2nd oscillating pieces 14 and 15 are the configurations where it is thinner than the 1st oscillating pieces 12 and 13, and long, with this operation gestalt, it is good conversely also considering the 1st oscillating pieces 12 and 13 excited in the direction of X as a thing thinner [than the 2nd oscillating pieces 14 and 15] and long. In that case, it is desirable to prepare the electrodes 25-28 for detection prepared in the 2nd oscillating pieces 14 and 15, and 35-38 in the 1st oscillating pieces 12 and 13.

[0045] Drawing 6 is the top view showing another operation gestalt of an

oscillating piece. This oscillating piece 200 has the description in the point that the neck 202 is formed in the bearing bar 201. It already stated that wiring which connects the electrode prepared in the oscillating pieces 12-15 and the processing circuit of outside attachment is prepared to the bearing bar. As for these wiring, it is desirable to make a line thick as much as possible, to lower an impedance, in order to lessen effect of a cross talk, and to detach between lines. When it thinks from this viewpoint, I want to make a bearing bar into what has width of face large as much as possible. However, if width of face is only expanded, torsional rigidity will become high and will cause the fall of Q value. Then, the cross talk of wiring can be controlled as much as possible, maintaining the flexibility of torsional rigidity by forming a neck 202, while making a bearing bar 201 into what has width of face large as the whole, as shown in drawing 6 . In addition, if a vibrator base and vibrator are formed in the same direction as vibrator 200 using the Z disc of the same Xtal as the vibrator 10 of the 1st operation gestalt, the vibrator 200 which has the bearing bar 201 with the neck 202 which cut with about 30 degrees to the direction of X, and withered in ** can be produced very stably like illustration. This originates in the relation between crystal orientation and the etching direction.

[0046] Moreover, through holes 203 and 204 prepare in the stationary plate 17 of this vibrator 200, and the metal is vapor-deposited by the ***** cage and the side attachment wall of these through holes 203 and 204. It can use effective in vertical face-to-face wiring of vibrator.

[0047] Various deformation can be considered also about the packaging of a trembler 10. For example, although the bonding pads 81-84 of a trembler 10 and the bonding pads 131-134 of the meta-RAIZUDO substrate 100 are connected by bonding wires 121-124, in case it replaces with this, the bonding pads 81-84 of a trembler 10 are formed in the rear face of a stationary plate 17 and a stationary plate 17 is meta-RAIZUDO welded [100], die bonding of the bonding pads 81-84 may be carried out to the bonding pads 131-134 of the meta-RAIZUDO substrate 100 at coincidence. in order that passive circuit elements

111 and 112 may make the whole area small -- the meta-RAIZUDO substrate 100 -- although the 1st layer is prepared in the rear face of 101, the 1st layer of the area of 101 may be extended on the outside of seal space, and you may carry in the top face. Moreover, a lid 110 can be permuted by the flat thing and a cost cut can be aimed at. Although the lid 110 consists of metallic materials for electromagnetic shielding, it may replace with this and what formed the metal membrane in the whole surface by vacuum evaporation etc. may be used using the thing of an insulating material like the ceramics. Furthermore, the 1st layer of vibrator 10 may be made to isolate from 101 by replacing vibrator 10 with this, although the 2nd layer has floated from 101 the 1st layer using the thickness of 102, forming a convex with the circuit pattern of the 1st layer, and welding a stationary plate 17 on it.

[0048] Although the vibrator 10 of this example carries out patterning of the Z disc of Xtal, other piezoelectric material, for example, the piezoelectric material of others, such as titanate-acid lead zirconate (PZT) and lithium niobate, may be used. Furthermore, vibrator 10 may be used as mere vibrator like stainless steel, may be replaced with an electrode, and may be vibrated using an electrostriction means.

[0049]

[Effect of the Invention] According to the angular rate assembly of this invention, since the torsional rigidity of the bearing bar of vibrator is adjusted to the desired value, the leakage in oscillating from a bearing bar can be controlled. Moreover, since the vibrator base has connected with the bearing bar fixed to the detected body by one place, even if it is based on change of environmental temperature and each element of vibrator expands or contracts, the stress which joins a vibrator base from a bearing bar is not generated. Therefore, the ullage of vibration which results in a bearing bar through a vibrator base does not have a carrier in the effect of a temperature change. Therefore, since an oscillating loss can detect vibration by Coriolis force by high sensitivity few and the detection

value is not influenced of disturbance like environmental temperature, the highly precise and stabilized angular-velocity detection can be attained.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the vibrator of the angular rate assembly which is 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] Drawing showing the condition that the trembler of drawing 1 was carried in the meta-RAIZUDO substrate, and packaging was carried out.

[Drawing 3] The block diagram showing the electrodes 21-28 prepared in these circuit and oscillating pieces 12-15, and the connection relation between 31-38 while the excitation circuit 50, the detector 60, and the angular-velocity arithmetic circuit 70 which are used for the angular rate assembly of the 1st operation gestalt are shown.

[Drawing 4] Drawing for explaining the inverse piezoelectric effect in the 1st oscillating pieces 12 and 13.

[Drawing 5] Drawing for explaining the piezo-electric effect in the 2nd oscillating pieces 14 and 15.

[Drawing 6] The top view showing other operation gestalten of vibrator.

[Description of Notations]

10,200 [-- The 2nd oscillating piece, 16,201 / -- A bearing bar, 17 / -- A stationary plate, 21-28, 31-38 / -- An electrode, 50 / -- An excitation circuit, 60 / -- A detector, 70 / -- An angular-velocity arithmetic circuit, 100 / -- Meta-RAIZUDO substrate.] -
- Vibrator, 11 -- 12 A vibrator base, 13 -- 14 The 1st oscillating piece, 15

[Translation done.]

* NOTICES *

**JPO and NCIP are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.**

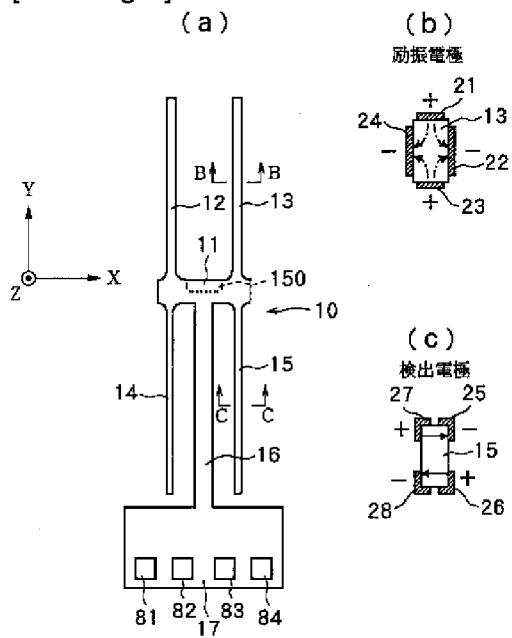
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

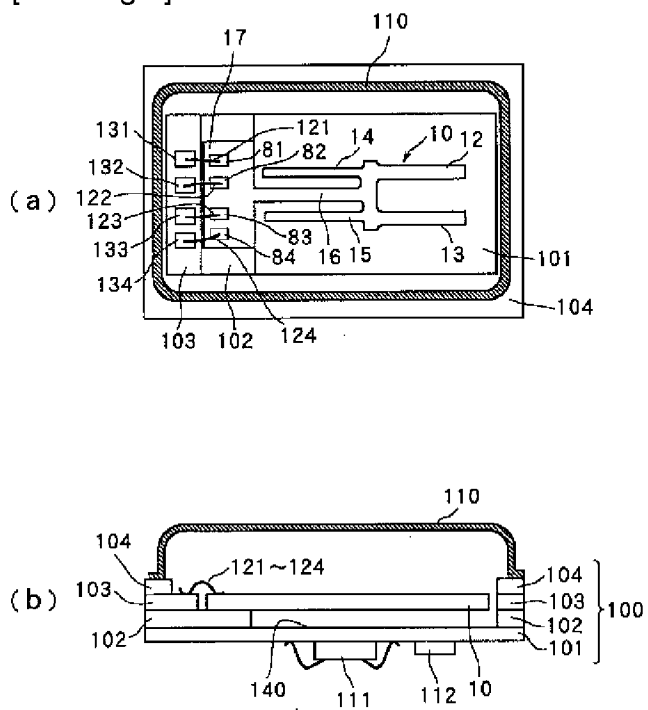
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

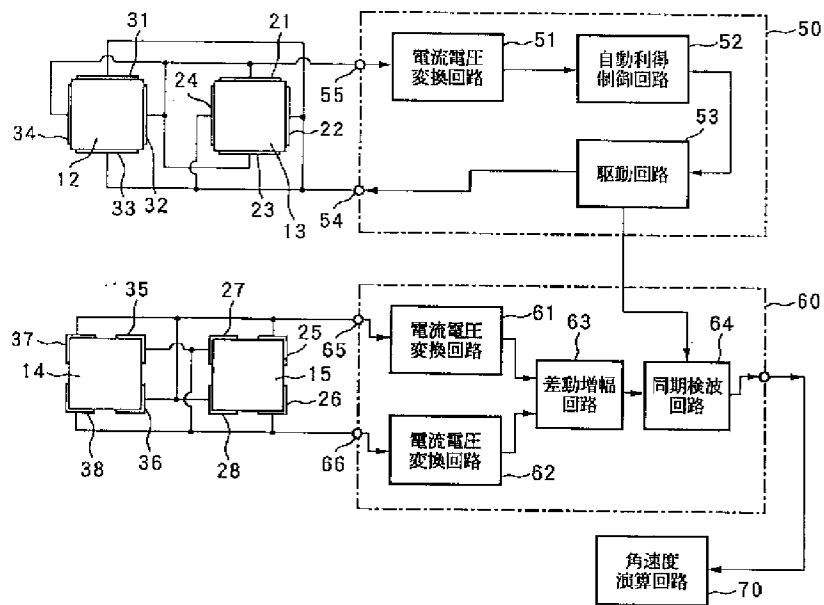
[Drawing 1]



[Drawing 2]

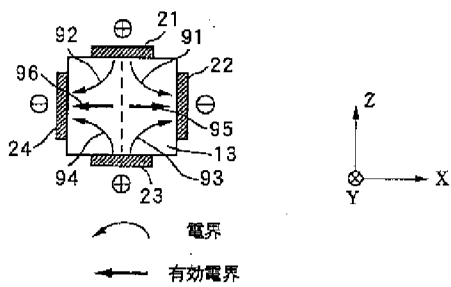


[Drawing 3]

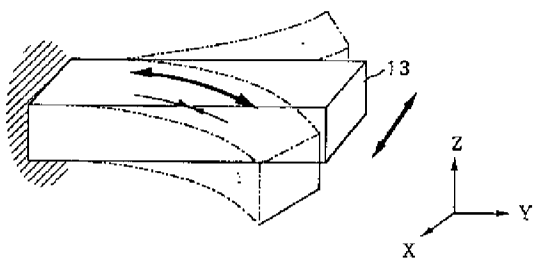


[Drawing 4]

(a)

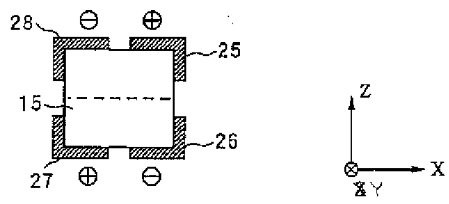


(b)

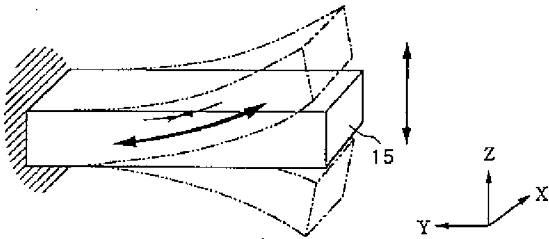


[Drawing 5]

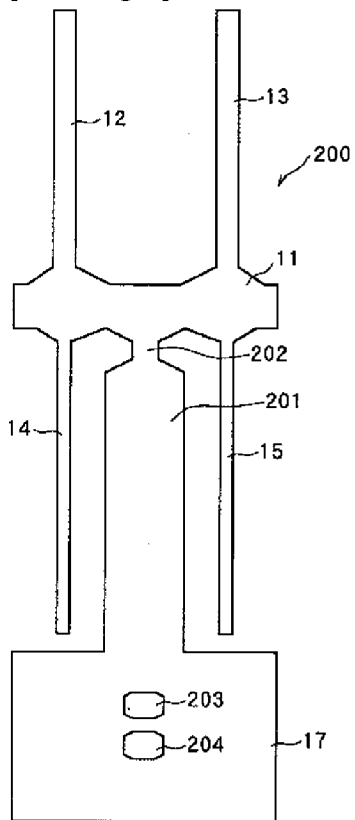
(a)



(b)



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-54723

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月24日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

識別記号

片内整理番号

9402 -2F

F I

C 0 1 C 19/56

C 0 1 P 9/04

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-212615

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月12日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 杉谷 伸芳

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

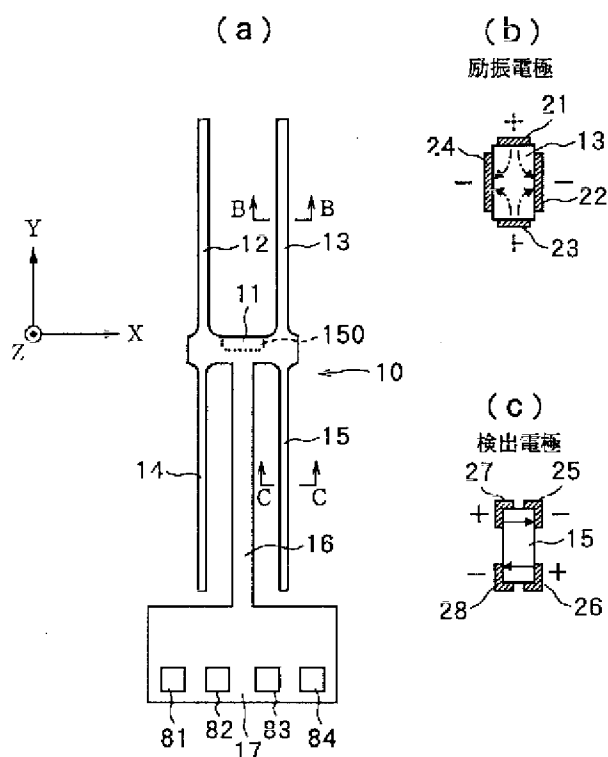
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外1名)

(54) 【発明の名称】 角速度検出装置

(57) 【要約】

【課題】 振動型角速度検出装置において、検出感度の環境温度変化に基づいてばらつきを抑える。

【解決手段】 振動子と、この振動子を励振する励振手段と、この励振手段により励振された振動子が回転することによって発生するコリオリの力に基づく振動の振幅を検出する検出手段と、この検出手段により検出された振幅の大きさから回転の角速度を演算する角速度演算手段とを備えた角速度検出装置において、振動子は、XYZ三次元座標空間において、XY平面上のX方向に延在する振動子基体と、この振動子基体の中央部を通るY方向の軸に対してほぼ対称的位置において振動子基体から+Yの向きに突出する2本の第1振動片と、X方向の位置がそれぞれ2本の第1振動片と同じで振動子基体から-Yの向きに突出する2本の第2振動片と、所望のねじり剛性を有し振動子基体の中央部から突出しその先端部が被検出体に固定される単一の支持棒とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 振動子と、この振動子を励振する励振手段と、この励振手段により励振された前記振動子が回転することによって発生するコリオリの力に基づく振動の振幅を検出する検出手段と、この検出手段により検出された振幅の大きさから前記回転の角速度を演算する角速度演算手段とを備えた角速度検出装置において、前記振動子は、XYZ三次元直交座標空間において、XY平面上のX方向に延在する振動子基体と、この振動子基体の中央部を通るY方向の軸に対してほぼ対称の位置において前記振動子基体から+Yの向きに突出する2本の第1振動片と、X方向の位置がそれぞれ前記2本の第1振動片と同じで前記振動子基体から-Yの向きに突出する2本の第2振動片と、所望のねじり剛性を有し前記振動子基体の中央部から突出しその先端部が被検出体に固定される単一の支持棒とを有することを特徴とする角速度検出装置。

【請求項2】 前記支持棒は前記振動子基体から-Y方向に突出し、前記励振手段は前記第1振動片をX方向に励振するものであることを特徴とする請求項1に記載の角速度検出装置。

【請求項3】 前記振動子を構成する前記振動子基体と前記第1および第2振動片とが1枚の等厚水晶基板で形成されていることを特徴とする請求項2に記載の角速度検出装置。

【請求項4】 前記励振手段の回路部と前記第1または第2振動片に設けられた励振用電極とを接続する励振用配線および前記検出手段の回路部と前記第1または第2振動片に設けられた検出用電極とを接続する検出用配線と、それら励振用配線と検出用配線とを備えたメタライズド基板を備え、前記支持棒の先端は前記メタライズド基板に溶着され、このメタライズド基板が被検出体に固定されていることを特徴とする請求項2に記載の角速度検出装置。

【請求項5】 前記振動子は同電位の導電材で取り囲まれていることを特徴とする請求項4に記載の角速度検出装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車のナビゲーションシステムや姿勢制御などに用いられる角速度検出装置に関するものであり、特に、振動型の角速度検出装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、振動体に回転を加えるとコリオリの力によって回転角速度に応じた新たな振動が発生することを利用した振動型角速度検出装置が知られている。このような角速度検出装置の一例として、たとえば、特開平7-55479号公報に記載の回転速度センサがある。この回転速度センサにおいて用いられている

振動子は、XY平面において、矩形のフレームの一辺から+Yの向きに2本の励振枝が突出しており、そのフレームの対向する辺から-Yの向きに2本ピックアップ枝が突出した構造を有している。この構造において、励振枝をX方向に励振すると、振動子の回転に伴って発生したコリオリの力によって励振枝がZ方向にも振動し、このZ方向(XY平面に垂直な方向)の振動はピックアップ枝に伝達される。ピックアップ枝側では、この伝達されたZ方向の振動を検出し、検出結果から振動子の回転角速度を導く。

【0003】この従来技術における振動子は、フレームの内側に取り付け基部を備え、励振枝およびピックアップ枝が設けられているフレームの各辺と取り付け基部との間にクロスブリッジが渡されることによりフレームと取り付け基部とが連結されている。この振動子は、取り付け基部が被検出体に固定されている固定子に取り付けられることにより、被検出体に固定される。振動片の一部が固定されると振動片の振動が低減される。これは固定子へ振動が伝播してゆくためであり、この振動伝播を振動の漏れと称する。振動片と固定子との固定強度が高いほど振動の漏れが大きくなるのであるが、上記従来技術の回転速度センサは振動子を上述のような構造とすることにより、固定強度に柔軟性をもたせ、振動片のZ方向の振動のエネルギーがフレームを介して固定子に漏れることを抑制している。振動の漏れに起因する検出精度の低下を抑制しているのである。

【0004】

【解決すべき課題】しかし、この従来技術の振動子によると、取り付け基部とフレームとが2本のクロスブリッジで、すなわち2カ所で固定されているので、温度変化によりフレーム、クロスブリッジおよび取り付け基部のそれぞれに引っ張り応力や圧縮応力が加わる。この応力により、フレームと取り付け基部との間の固定強度が変動するため、振動の漏れ量も変動し、結果として角速度検出の感度が環境温度の変化に基づいてばらつくという問題があった。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の角速度検出装置はこのような問題を解決するために為されたものであり、その振動子は、XYZ三次元直交座標空間において、XY平面上のX方向に延在する振動子基体と、この振動子基体の中央部を通るY方向の軸に対してほぼ対称の位置において振動子基体から+Yの向きに突出する2本の第1振動片と、X方向の位置がそれぞれ2本の第1振動片と同じで振動子基体から-Yの向きに突出する2本の第2振動片と、所望のねじり剛性を有し振動子基体の中央部から突出しその先端部が被検出体に固定される単一の支持棒とを有するものである。

【0006】この振動子においては、振動子の被検出体への固定強度は、支持棒のねじり剛性によって決定され

る。この振動子によれば、支持棒のねじり剛性が所望の値に調整されているので、支持棒からの振動漏れが調整されており、検出感度が調整されている。また、振動子基体が被検出体に固定される支持棒と1カ所で連結しているので、環境温度の変化に基づいて振動子の各要素が膨張または収縮しても支持棒から振動子基体に加わる応力は発生しない。したがって、支持棒のねじり剛性が変化しないので、振動子基体を経て支持棒に至る振動の漏れ量が温度変化の影響を受けない。

【0007】本発明の角速度検出装置は、振動子の支持棒を振動子基体から-Y方向に突出させ、励振手段で第1振動片をX方向に励振するものとすることができる。このように構成すると、励振によって振動子基体の第1振動片側の両第1振動片間に応力集中部ができるが、支持棒は振動子基体の第2振動片側に設けられているために応力集中部と支持棒とが離隔する。そのため、第1振動片の励振の振動応力が支持棒と両第1振動片との位置ずれ等に起因して支持棒をX方向に振動してしまうという現象が生じない。また、2本の第1振動片間の振動の伝達を支持棒が妨げないので、Q値が低下しない。さらに、支持棒からの振動漏れが励振による応力の影響を受けないため、検出精度が安定している。

【0008】振動子基体と第1および第2振動片とを1枚の等厚基板で形成すれば、第1振動片と第2振動片のそれぞれのX方向の幅を調整することにより、基板に垂直な方向すなわちZ方向の振動については第1振動片と第2振動片とを連成させつつ、X方向については連成しないようにすることができる。また、基板を水晶単結晶板とすれば、自身が圧電材料であるため、極性が周期的に変化する電圧を所定方向に印加するだけで励振することができ、振動に伴って発生する分極の変化を検出するだけで振動を検出できる。

【0009】また、本発明の角速度検出装置の一形態として、励振手段の回路部と第1または第2振動片に設けられた励振用電極とを接続する配線および検出手段の回路部と前記第1または第2振動片に設けられた検出用電極とを接続する配線を備えたメタライズド基板を備え、支持棒の先端はメタライズド基板に溶着され、このメタライズド基板が被検出体に固定されているものがある。

【0010】メタライズド基板の配線は焼成されているので支持棒を溶着しても配線が損なわれない。

【0011】また、振動子を同電位の導電材で取り囲めば、電磁ノイズの影響を受けない。

【0012】

【発明の実施の形態】図1(a)は、本発明の角速度検出装置の一実施形態における振動子10を示す平面図である。この図において、左右方向をX軸とし右向きを正の向きにとり、上下方向をY軸とし上向きを正の向きにとり、紙面に垂直な方向をZ軸とし表向きを正の向きにとっている。振動子10は、X軸方向に延在する振動子

基体11と、振動子基体11から+Yの向きに延びる励振用の第1振動片12および13と、振動子基体11からそれぞれ第1振動片12および13と同軸上で-Yの向きに延びる検出用の第2振動片14および15と、第2振動片14および15の間において振動子基体11から-Yの向きに延びる支持棒16と、支持棒16の端部に設けられた固定板17とが水晶の単結晶基板で一体に構成されている。

【0013】ここで、水晶の結晶軸について簡単に説明する。天然の水晶は、一般に柱状結晶であり、この柱状結晶の縦方向の中心軸すなわち<0001>結晶軸はZ軸または光軸と規定され、Z軸を通り柱状結晶の各表面に垂直に交わる線はY軸または機械軸と規定される。また、Z軸を通りこの柱状結晶の縦方向の稜線と直交する線はX軸または電気軸と規定される。

【0014】振動子10に用いられている単結晶基板はZ板と呼ばれる基板であり、Z軸に垂直ないし略垂直な面で切り出された単結晶基板である。したがって、本実施形態においては、結晶方位のZ軸と、図面上の振動子10の配置方向を示す上述したZ軸とは一致している。また、水晶のX軸およびY軸は互いに直交するものが3組あり、そのうちの1組と図面上の振動子10の配置方向を示すX軸およびY軸とが一致している。なおこの結晶方位と振動子10の方向関係は、後に述べる他の実施形態でも同様である。また、振動子10に用いられる水晶は、人工水晶であるがその構造は天然の水晶と同じである。

【0015】第1振動片12および13は互いに同一寸法であり、本実施形態では共に励振用の振動片として用いられる。また、第2振動片14および15も互いに同一寸法であり、共に検出用の振動片として用いられる。第2振動片14および15は、第1振動片12および13に対して細くて長く、そのために、第1振動片12、13のX方向の固有振動数 f_{x1} と第2振動片14、15のX方向の固有振動数 f_{x2} とが互いに異なっている。Z方向の固有振動数も第1振動片と第2振動片とは互いに異なっているが、Z方向の振動については、第1振動片と第2振動片とが連成して振動するため連成の固有振動数 f_z が存在する。X方向の振動については第1振動片と第2振動片との間の振動の伝達率が非常に低いため連成振動はほとんどない。このように、X方向の振動については第1振動片と第2振動片とが連成せず、Z方向の振動については第1振動片と第2振動片とが連成するのは、振動子10全体が非常に薄い水晶基板で一体に形成されており、振動子基体11のY方向の幅が水晶基板の厚みに対して十分に広いという形状に起因している。本実施形態では、第1振動片12、13のX方向の固有振動数 f_{x1} と連成の固有振動数 f_z との値が非常に近い値になるように調整されている。

【0016】各振動片にはそれぞれの用途に応じた電極

が設けられている。すなわち、第1振動片12および13には励振用の電極が、第2振動片14および15には検出用の電極がそれぞれ設けられている。電極の配置については、図面の微細描写を避けるために、図1(a)では省略されており、これに代えて、図1(b)および(c)を用いて表示されている。図1(b)および(c)は、それぞれ図1(a)におけるB-B断面図およびC-C断面図である。図示のように、第1振動片13には、それぞれ上面、下面および側面の4つの面に電極21~24が、振動子基体11との結合部から第1振動片13の先端部に向かって、すなわち+Yの向きに、振動片全長の $2/3 \sim 3/4$ 程度の長さに延在している。第1振動片12にも同様の電極31~34(図3参照)が設けられている。一方、第2振動片15には、矩形断面の4つの角部すなわち稜線部をそれぞれが覆うように、4つの電極25~28が振動子基体11との結合部から第2振動片15の先端部に向かって、すなわち-Yの向きに、振動片全長の $2/3 \sim 3/4$ 程度の長さに延在している。なお、第2振動片14にも同様の電極35~38(図3参照)が設けられている。

【0017】各電極は、クロムと金の2層構造となっており、振動子10の表面にこれらの金属を蒸着した後、フォトリソグラフィ技術を用いて適宜分離すると共に所望の形状にパターニングすることにより得られる。また、各電極は固定板17に設けられているボンディングパッド81~84のいずれかと電気的に接続され、そこからさらに後述する信号処理回路に接続される。振動片上の各電極とボンディングパッドとの間の配線は、図示していないが支持棒16の表面に膜形成技術により設けられている。図2は、この振動子10が4層のメタライズド基板100上に搭載され、さらに金属製のふた110で密封された状態を示す図であり、同図(a)は平面図、同図(b)は側面図である。

【0018】メタライズド基板は、一般に90%SiO₂のグリーンシート(生状態)に、配線やボンディングパッド等をタングステンやモリブデンなどの金属で印刷し、これを多層に積み上げてプレスした後、乾燥させて焼成することにより作製されるセラミックスの多層配線基板のことである。各層の配線間はビアホールと呼ばれる接続穴によって接続される。このメタライズド基板は、生の状態(グリーンシートの状態)でのくり抜き加工が容易なので、表面に段差のある基板を容易に作製することができる。各層はプレス加工されて焼成されているので、また、ビアホールはタングステンやモリブデン等の金属によって埋められているので、各層間の気密性は十分に保たれている。さらに、配線にはタングステンやモリブデンといった高融点金属が用いられているので、これらの配線に影響を与えることなく種々の実装部品を高温でろう付けすることが可能である。

【0019】メタライズド基板100は4層構造となっ

ており、最下層である第1層101の裏面には、励振、振動検出および角速度検算等を行うための回路素子111、112が搭載されている。第1層101の上には順に第2層102、第3層103、第4層104が積層されている。第2層102、第3層103、第4層104はいずれも中央部が長方形にくり抜かれており、その開口の長手方向(図2の左右方向)の長さが順に長くなっていて、図示のように右側を揃えることで左側が階段状になっている。

【0020】このメタライズド基板100の階段部の第2層102上には、振動子10の固定板17が半田付けにより溶着固定されており、第3層103の表面にはボンディングパッド131~134が設けられている。ボンディングパッド131~134はそれぞれ図示を省略した各層の配線およびビアホールを介して回路素子111および112に接続されている。振動子10の固定板17を第2層102上に溶着してあるので、振動片12~15を第1層101から浮いた状態に保つことができる。メタライズド基板100側のボンディングパッド131~134を第2層102上に設けずに第3層103上に設けてあるので、振動子10のボンディングパッド81~84との高低差が緩和され、ボンディングワイヤ121~124の結線作業が容易である。

【0021】金属製の蓋110の下端は全周に亘って封止用樹脂で第4層104に固着されている。封止用の樹脂による固着に代えて半田付けのようなろう付けで固着してもよい。これにより、振動子10が納められている空間が完全に外界から遮断される。この内部空間は真空引きされており、振動子10の振動エネルギーが空気を媒介としてロスしないようになっている。

【0022】第1層101の上面140は全面が金属膜で覆われており、この金属膜と金属性の蓋110とがビアホールを介して電気的に接続されている。したがって、振動子が納められている空間は等電位の金属でほとんど覆われ、電磁シールドされている。後述する検出回路等にはオペアンプが使用され、高増幅率の増幅が行われるが、一般に高増幅率を持つ増幅回路は電磁ノイズに弱く、特にその入力端である素子部からのノイズの侵入を防ぐ必要がある。電磁シールドはこのようなノイズの侵入防止に有効である。また、各振動片に設けられた電極は互いに対向する電極同士でコンデンサを構成しており、後述するようにその電荷量の変化から角速度を求めるものであるが、この電荷量は外部からの電磁ノイズの影響を受けるので、その影響を抑えるためにも振動子10を取り囲む電磁シールドは有効である。なお、第1層101の表面140に配線が施されている場合は、電磁シールド用の金属膜はその配線と接続しないように、その部分を除いて施される。

【0023】つぎに、回路素子111および112に搭載された励振、検出および角速度演算を行う処理回路に

ついて説明する。図3は励振回路50、検出回路60および角速度演算回路70を示すと共に、これらの回路と振動片12～15に設けられた電極21～28および31～38との接続関係を示すブロック図である。また、図4は、第1振動片12および13における逆圧電効果を説明するための図であり、図5は第2振動片14および15における圧電効果を説明するための図である。

【0024】励振回路50は、電流電圧変換回路51と自動利得制御回路52と駆動回路53とを備えており、検出回路60は、電流電圧変換回路61および62と作動増幅回路63と同期検波回路64とを備えている。

【0025】駆動回路53は、自動利得制御回路52の出力電圧値に応じた振幅で所定の繰り返し周波数のパルス波を励振信号として出力するとともに、その出力信号と90度位相のずれた信号を同期検波回路64の検波信号として出力する回路であり、その出力端子は端子54を介して第1振動片13の側面の電極22、24と第1振動片12の上下面の電極31、33に共通に接続されている。第1振動片12および13の残りの電極21、23、32、34は、互いに共通に端子55を介して電流電圧変換回路51の入力端子に接続されることにより、駆動回路53が出力するパルス波の中間電位に固定される。

【0026】図4は、この励振回路50による第1振動片の励振動作を説明するものであり、同図(a)は第1振動片13をZX平面で切った断面図であり、図1(b)と同等の図である。また、図4(b)は第1振動片13の屈曲動作を示した斜視図である。上述したように、電極21と23が共通に端子55に接続され、電極22と24が共通に端子56に接続されているので、駆動回路53の出力パルスがローレベルであると、図4(a)に示すような電圧、すなわち電極22および24には相対的に負の電圧が、電極21および23には正の電圧がそれぞれ各電極に与えられる。駆動回路53の出力パルスがハイレベルであれば、その逆の極性が与えられる。

【0027】いま、図4(a)のような電圧が印加されている状態を考えると、振動片13の内部には矢印91から94で示したような電界が与えられることになる。一方、水晶の圧電効果はZ軸方向には現れないので、圧電効果に影響を与える有効電界は矢印95および96となる。水晶の結晶は逆圧電効果により、X軸の正の向きに電界が与えられるとY軸方向に伸び、X軸の負の向きに電界が与えられるとY軸方向に縮む。したがって、図4(a)の状態では、振動片13の電極24側が縮み、電極22側が伸びるため、振動片13は電極24を内側にして屈曲する。電極21から24に対する印加電圧の極性が逆転すると、同様の原理により振動片13は電極22を内側にして屈曲する。したがって、振動片13の一端を固定して駆動回路53から所定周波数のパルス信号

を電極21、23に印加すると、振動片13は図4(b)に示すようにX方向に振動する。

【0028】なお、本実施形態では、図3に示すように振動片13の上下の電極21および23と振動片12の左右の電極32および34とを共通に接続し、振動片13の左右の電極22および24と振動片12の上下の電極31および33とを共通に接続しているので、振動片12と13は、X方向に互いに逆相で振動する。

【0029】第1振動片12と13のX方向の振動情報は、電流電圧変換回路51および自動利得制御回路52を介してフィードバックされる。電流電圧変換回路51は、第1振動片12および13の屈曲に伴う圧電効果によって電極21、23、32、34に発生した電荷の変化量を電圧値に変換する回路である。

【0030】自動利得制御回路52は、電流電圧変換回路51から出力された電圧信号を入力し、その入力電圧値が大きくなると出力電圧値を小さくし、入力電圧値が小さくなると出力電圧値が大きくなるように動作する。したがって、第1振動片12および13の振動振幅が大きくなれば、電極21、23、32、34に発生する電荷も大きくなり、電流電圧変換回路51の出力電圧も大きくなる。これによって、自動利得制御回路52の出力電圧値は低くなり、駆動回路53の出力パルスの振幅は小さくなる。このように、駆動回路53から出力されるパルス信号の振幅はフィードバック制御され、第1振動片12および13の振動振幅は常に安定する。

【0031】つぎに、図5に示すような第2振動片のZ方向の振動を検出する検出回路60を説明する。第2振動片15が図5(b)に示すようにZ方向に振動して、+Zの向きに屈曲すると、振動片15の上側の半分がY方向に縮み、下側の半分がY方向に伸びる。水晶の圧電効果により、Y方向に縮むとX方向の誘電分極が生じ、Y方向に伸びると逆向きのX方向の誘電分極が生じる。そして、誘電分極の強さは伸縮の大きさに依存するので上面または下面において強く現れ、中間部に向かうほど弱い。したがって、誘電分極は振動片15の4つの角部に集中して現れ、この誘電分極によって角部に設けられた各電極25～28には図示のような正または負の電荷が集まる。つまり、電極25と27が同じ極性となり、これらの極性が電極26と28の極性と逆になる。振動片15が下側に振れると、同様の原理に基づいて上述したものと全く逆の極性が現れる。

【0032】検出回路60は、このようにして発生した振動片15の各電極における電荷の変化量を検出し、第2振動片の振動振幅に応じた信号を出力する。本実施形態では、第1振動片12、13をX方向に互いに逆相で励振し、第1振動片と第2振動片とをZ方向について互いに逆相で振動させるものなので、第2振動片14と15はZ方向に関して互いに逆相で振動する。この第2振動片14、15のZ方向の振動は、第1振動片12、1

3のX方向励振振動がZ方向振動として漏れたものと、振動子10が回転したときに生じるコリオリの力に基づいて発生したものとの合成振動であるが、いずれの成分についても第2振動片14と15について互いに逆相となる。コリオリの力に基づくZ方向振動の発生メカニズムの詳細については後述するが、いずれにしろZ方向に関して左右逆相の振動が発生するので、図3に示すように第2振動片15の電極25と28に対してこれらと面対称の位置にある第2振動片14の電極36と37が共通に接続され、さらに検出回路60の端子65に接続されている。そして、残りの電極26、27、35、38が共通に検出回路60の端子66に接続されている。

【0033】電流電圧変換回路61は電極25、28、36、37での電荷の変化量を増幅して電圧値に変換する回路であり、電流電圧変換回路62は電極26、27、35、38での電荷の変化量を増幅して電圧値に変換する回路である。作動増幅回路63は電流電圧変換回路61および62のそれぞれの出力信号を入力し、両信号の電位差を増幅する回路であり、この出力信号の振幅変化は第2振動片14および15の振動振幅変化に比例している。

【0034】同期検波回路64は作動増幅回路63から出力された交流電圧信号を駆動回路53からの励振信号に対して90度位相のずれたパルス信号を検波信号として用いて同期検波を行った後、積分処理を行うものであり、通常の同期検波回路に積分回路が付加された回路である。X励振の漏れによるZ方向振動は励振と同相であり、コリオリの力によるZ方向の振動は励振に対して90度位相がずれているため、同期検波および積分により、前者は常に零の値となり、後者は全波整流の積分値となる。すなわち、同期検波回路64の出力信号電圧は、第2振動片14および15のコリオリの力によるZ方向の振動振幅を示している。

【0035】角速度演算回路70は、第2振動片14および15の振動振幅を示す検出回路60の出力信号に基づいて、振動子10のY軸に平行な軸を中心とする回転角速度を後述する角速度とコリオリの力との関係式を基にして算出する回路である。

【0036】次に、以上のように構成された角速度検出装置の動作を説明する。励振回路50は、第1振動片12、13のX方向の固有振動数 f_{x1} （これを第1固有振動数という）に一致した周波数の励振信号を駆動回路53から出力する。これにより第1振動片12、13は逆圧電効果により、X方向に固有振動数 f_{x1} で振動する。振動片12と振動片13の位相は上述したように互いに逆相である。

【0037】この状態で、振動子10がY軸に平行な軸（Y軸を含む）を中心として角速度 ω で回転すると、第1振動片12、13には、 $F = 2mV \cdot \omega$ で表されるコリオリの力 F がZ方向に発生する。ここに、 m は振動片

の質量、 V は振動速度である。このコリオリの力 F の発生によって、第1振動片12、13はX方向の振動に対して90度位相がずれてZ方向に振動する。つまり、第1振動片12、13はZ方向についても、励振周波数（第1固有振動数）で互いに逆相で振動する。この周波数は、Z方向の第1および第2振動片の連成固有振動数とほぼ一致しているので、第2振動片14、15に効率よく伝達される。

【0038】一方、第1振動片12、13に与えられるX方向励振が、同相のZ方向の励振として漏れ、この振動も連成により第2振動片14、15に伝達される。振動エネルギーは、漏れ振動の方がコリオリの力による振動よりも遥かに大きいため、第2振動片のZ方向の振動は、漏れ振動上に90度位相のずれたコリオリの力による振動が重畳しているものとなる。検出回路60によって第2振動片のZ方向の振動からコリオリの力による振動のみを選択的に検出することは上述したとおりである。

【0039】ところで、この実施形態ではZ方向の振動について、左右（X方向）逆相、上下（Y方向）逆相に振動する。この振動モードでは、支持棒16を通るY軸を回転中心として励振と同相で揺動する力が振動子基体11に対して加わる。これに対して、支持棒16はねじり剛性が調整されており、ねじり力に対して適度な柔軟性があるため、振動子基体11に働く揺動力をうまく緩衝して振動エネルギーの漏れを防いでいる。ねじり剛性はねじりこわさとも呼ばれ、棒のねじれにおけるねじりモーメントとねじれ角との比のことであり、棒の形状とこわさによって定まる。本実施形態では支持棒16の長さを調整することによりねじり剛性の調整が可能である。本実施形態では、支持棒16の長さを第2振動片14、15よりも長くすることにより、ねじり剛性に柔軟性を持たせている。

【0040】なお、同軸で対となった第1および第2振動子の慣性モーメントが一致していれば振動子基体11に対する揺動のエネルギーが生じないことが推測できる。しかし、現実には種々の条件から慣性モーメントを厳密に一致させることが困難で、振動子基体11に対する揺動のエネルギーを完全に零にすることは容易ではない。そこで、第1および第2振動片の慣性モーメントの一致性を考慮しつつも、支持棒16のねじり剛性を考慮することが望ましい。

【0041】また、振動子基体11が支持棒16と1カ所で連結しているので、環境温度の変化に基づいて振動子の各要素が膨張または収縮しても支持棒16から振動子基体11に加わる応力は発生しない。したがって、振動子基体11を経て支持棒16に至る振動の漏れ量が温度変化の影響を受けない。

【0042】ところで、励振回路50で第1振動片12、13を互いに逆相でX方向に励振するので、振動子基体11の第1振動片12、13側の両第1振動片間に

応力集中部150ができる(図1(a)参照)。仮に、支持棒16が応力集中部150から+Y方向に突出したものとすると、支持棒16のX方向の位置ずれによって、支持棒16に左右(X方向)に振動する力が発生する。この力によって、支持棒16が左右に振動すると、第1振動片12と13の励振振幅に差が生じ、検出精度が低下する。また、応力集中部150から支持棒16が突出しているものとすると、応力集中部150が支持棒16に広がるため、不必要に応力が分散される部分が発生し、そのために左右の振動片間の伝達効率が下がり、Q値が下がる。さらに、支持棒16に柔軟性を持たせて振動漏れを抑制しているが、振動漏れを完全に無くせるものではなく、僅かではあるが漏れる。応力集中部150と支持棒16とが連結していると、この漏れ量が励振による応力の影響を受け、検出精度が不安定となる。

【0043】しかし、本実施形態では、支持棒16が振動子基体11の第2振動片14、16側に設けられているために応力集中部150と支持棒16とが離隔しており、上述したような問題がない。

【0044】本実施形態では、第2振動片14、15が第1振動片12、13よりも細くて長い形状であるが、逆に、X方向に励振される第1振動片12、13を第2振動片14、15よりも細くて長いものとしてもよい。その場合には、第2振動片14、15に設けていた検知用電極25~28、35~38を第1振動片12、13に設けることが望ましい。

【0045】図6は振動片の別の実施形態を示す平面図である。この振動片200は支持棒201にくびれ部202が設けられている点に特徴がある。支持棒には振動片12~15に設けられた電極と外づけの処理回路とを接続する配線が設けられることは既に述べた。これらの配線は、クロストークの影響を少なくするためにできるだけ線を太くしてインピーダンスを下げ、且つ、線間を離すことが望ましい。この観点から考えると、支持棒をできるだけ幅の広いものにしたい。しかし、単に幅を広げれば、ねじり剛性が高くなりQ値の低下を招く。そこで、図6に示すように、支持棒201を全体としては幅の広いものとして共にくびれ部202を設けることにより、ねじり剛性の柔軟性を維持しつつ、配線のクロストークをできるだけ抑制することができる。なお、振動子200として、第1実施形態の振動子10と同様の水晶のZ板を用い、振動子基体および振動子を同様の方向に形成するのであれば、図示のごとくX方向に対して約30度で切り欠かれたくびれ部202のある支持棒201を有する振動子200を非常に安定的に作製できる。これは、結晶方位とエッチング方向との関係に起因する。

【0046】また、この振動子200の固定板17には貫通穴203および204が設けられており、この貫通穴203および204の側壁には金属が蒸着されてい

る。振動子の上下面間での配線に有効に利用できる。

【0047】振動子10のパッケージングに関しても種々の変形が考えられる。たとえば、振動子10のボンディングパッド81~84とメタライズド基板100のボンディングパッド131~134とをボンディングワイヤ121~124で接続しているが、これに代えて、振動子10のボンディングパッド81~84を固定板17の裏面に設け、固定板17をメタライズド基板100に溶着する際に、同時に、ボンディングパッド81~84をメタライズド基板100のボンディングパッド131~134にダイボンディングしてもよい。回路部品111、112は全体の面積を小さくするために、メタライズド基板100の第1層101の裏面に設けられているが、密封空間の外側で第1層101の面積を広げ、その上面に搭載してもよい。また、蓋110をフラットなものに置換してコストダウンを図ることができる。電磁シールドのために、蓋110は金属材料で構成されているが、これに代えて、セラミックスのような絶縁材料のものを、全面に金属膜を蒸着等により形成したものを、用いてもよい。さらに、振動子10を第2層102の厚みを利用して第1層101から浮かしているが、これに代えて、第1層の配線パターンで凸面を形成し、その上に固定板17を溶着することにより、振動子10を第1層101から離隔させてもよい。

【0048】本実施例の振動子10は水晶のZ板をパターンニングしたものであるが、その他の圧電材料、たとえば、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)やニオブ酸リチウムといったその他の圧電材料を用いてもよい。さらに、振動子10をステンレスのような単なる振動子とし、電極に代えて電歪手段を用いて振動させてもよい。

【0049】

【発明の効果】本発明の角速度検出装置によれば、振動子の支持棒のねじり剛性が所望の値に調整されているので、支持棒からの振動漏れを抑制することができる。また、振動子基体が被検出体に固定される支持棒と1カ所で連結しているので、環境温度の変化に基づいて振動子の各要素が膨張または収縮しても支持棒から振動子基体に加わる応力は発生しない。したがって、振動子基体を経て支持棒に至る振動の漏れ量が温度変化の影響を受けない。そのため、振動ロスが少なく高感度でコリオリの力による振動を検出することができ、また、その検出値が環境温度のような外乱の影響を受けないため、高精度で安定した角速度検出を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である角速度検出装置の振動子を示す図。

【図2】図1の振動子がメタライズド基板に搭載されパッケージングされた状態を示す図。

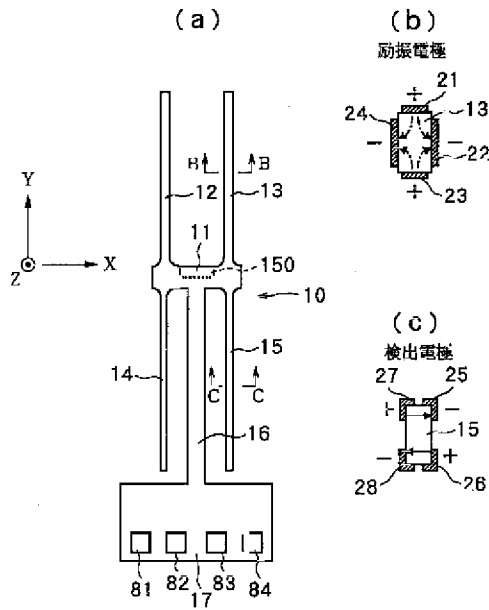
【図3】第1実施形態の角速度検出装置に用いられる励振回路50、検出回路60および角速度演算回路70を

示すと共に、これらの回路と振動片12～15に設けられた電極21～28および31～38との接続関係を示すブロック図。

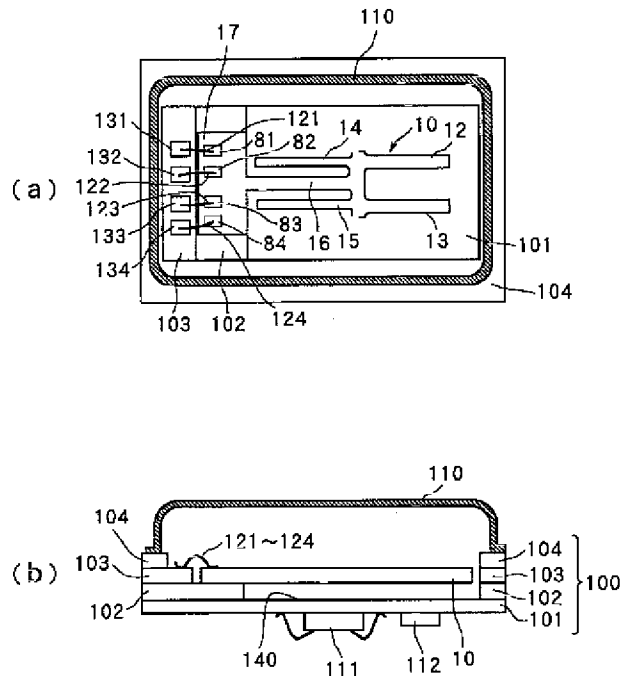
【図4】第1振動片12および13における逆圧電効果を説明するための図。

【図5】第2振動片14および15における圧電効果を説明するための図。

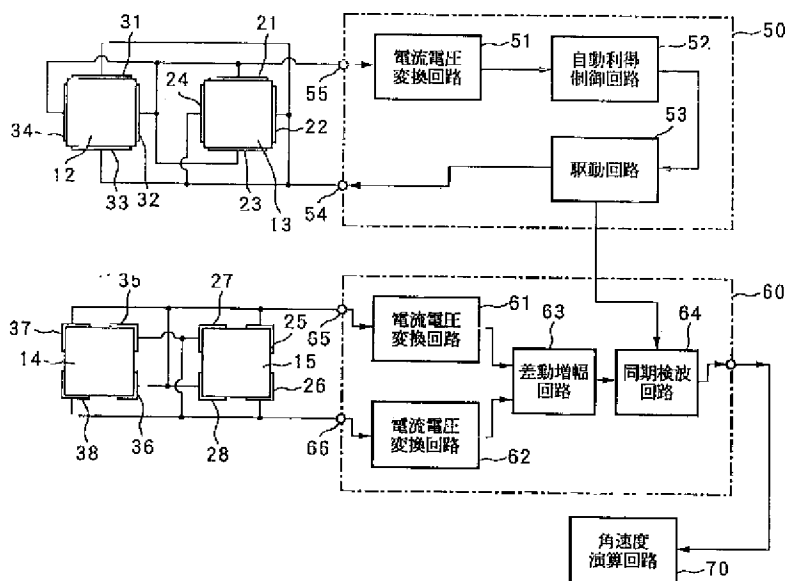
【図1】



【図2】



【図3】

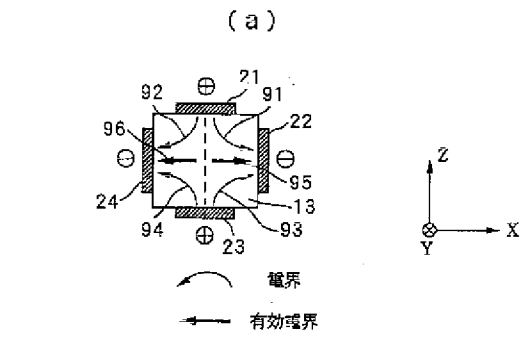


【図6】振動子の他の実施形態を示す平面図。

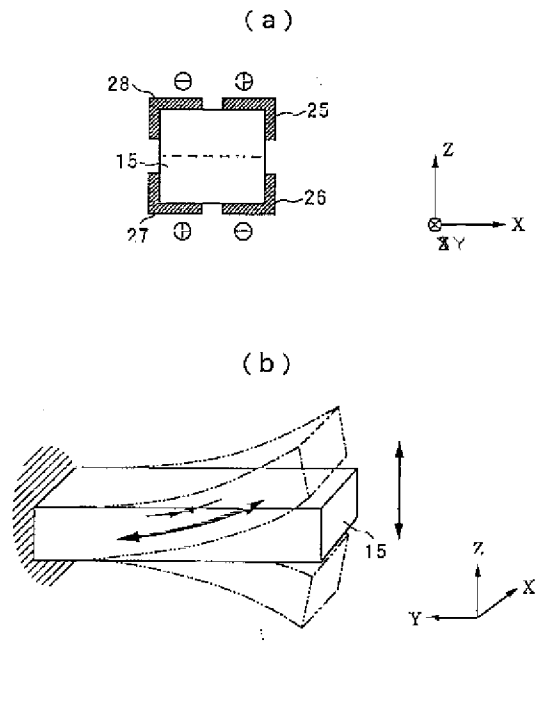
【符号の説明】

10、200…振動子、11…振動子基体、12、13…第1振動片、14、15…第2振動片、16、201…支持棒、17…固定板、21～28、31～38…電極、50…励振回路、60…検出回路、70…角速度演算回路、100…メタライズド基板。

【図4】



【図5】



【図6】

